

SZEGED-TÁPÉ-LEBŐRŐL SZÁRMAZÓ RÉGÉSZETI KOVAKŐ- ESZKÖZÖK VIZSGÁLATA ARCHEOMETRIAI MÓDSZEREKKEL

ARCHAEOMETRICAL INVESTIGATION OF FLINT ARCHAEOLOGICAL ARTEFACTS FROM SZEGED-TÁPÉ-LEBŐ

HALBRUCKER ÉVA¹; FINTOR KRISZTIÁN²; BOZSÓ GÁBOR²; RAUCSIK BÉLA²

¹ SZTE BTK Régészeti Tanszék, Szeged, Egyetem u. 2.

² SZTE TTK Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged, Egyetem u. 2.

E-mail: halb.evi@gmail.com

Abstract

Our research is aimed primarily at the study of chipped stone tools from a systematic field survey at Szeged-Tápé-Lebő, SE Hungary. The aim of this paper is to present the results of investigations with special attention to identification of potential geological sources of the artefacts made of flint/chert using reference geological samples from the Mecsek, Bakony and Tokaj Mountains. We have carried out the microscopic analysis of the lithic raw materials, furthermore phase analyses and main and trace elements analyses. 19 pieces from the archaeological artefacts were made of radiolarite and 4 were made of hydro- limnoquartzite. The geological samples from Mecsek and Bakony were radiolarites, except a spongiolite and two cherts from the Bakony Mountains. Samples from Erdőhorváti and Hejce were hydro- and limnoquartzite, respectively. The samples from Mecsek have higher CaO content, possibly due to higher carbonate content. We analysed statistically the chemical composition data with the use of multiple discriminant analysis. Based on the results we could separate the samples from the Bakony Mountains, the samples from the Mecsek Mountains and the hydro- and limno-quartzites in 90% positivity. We also analysed five archaeological samples. One was made of hydro-, limnoquartzite, four were of Mecsek radiolarites. The results are in conformity with previously archaeological hypotheses.

Kivonat

Jelen kutatás során a Szeged-Tápé-Lebő lelőhelyről származó terepbejárási anyag feldolgozásának részeként a kova anyagú pattintott kőeszközök vizsgálatára összpontosítottunk nyersanyag- és proveniencia azonosítás céljából. A Mecsek, a Bakony és a Tokaji-hegység területéről, ismert lelőhelyekről származó geológiai mintákat használtunk fel referenciaként. A leletanyagot a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén vizsgáltuk petrográfiai, fázisanalitikai valamint fő- és nyomelem kémiai módszerekkel. A régészeti minták közül 19 darab radiolaritnak míg 4 darab hidro- limnokvarcitnak adódott. A mecseki és bakonyi geológiai minták radiolaritok, ez alól csak egy bakonyi spongiolit minta és két szintén bakonyi tűzkő minta a kivétel. Az Erdőhorvátiból és Hejcéről származók hidro- illetve limnokvarcitnak határozhatók meg. A kémiai összetétel alapján megállapítható, hogy a mecseki minták magasabb CaO tartalommal bírnak, mely magasabb karbonát-tartalmukra vezethető vissza. A fő-és nyomelem adatokra alkalmazott többváltozós diszkriminancia analízis alapján 90 %-os valószínűséggel sikerült elkülönítenünk a bakonyi és mecseki radiolaritokat valamint a hidro- limnokvarcitokat. Öt darab régészeti minta adatai vetettük alá az eljárásnak, mely során egyet hidro-, limnokvarcit, négyet pedig mecseki radiolarit kategóriába sorolt az analízis. Ez egybevág az előzetes régészeti feltevessel.

KEYWORDS: RADIOLARITE, HYDRO- AND LIMNO QUARTZITE, PETROGRAPHY, X-RAY DIFFRACTION, WAVELENGTH DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE, DISCRIMINANT ANALYSES

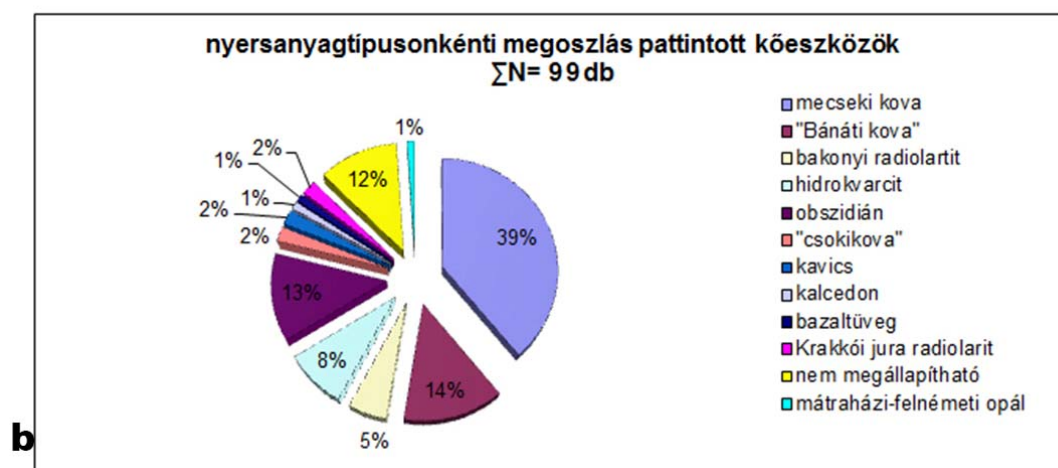
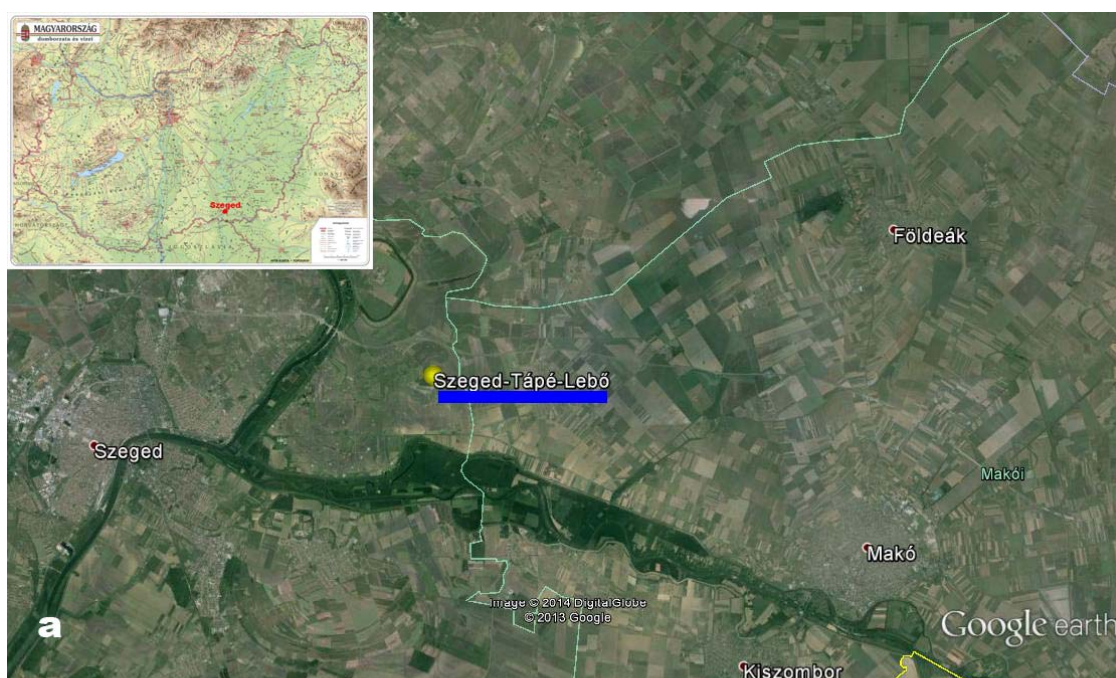
KULCSSZAVAK: RADIOLARIT, HIDRO- ÉS LIMNOKVARCIT, PETROGRÁFIA, RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ, HULLÁMHOSSZDISZPERZÍV RÖNTGEN FLUORESZNENCIA, DISZKRIMINANCIA ANALÍZIS

Bevezetés

A kőeszközök nyersanyagának eredet-meghatározása, proveniencia vizsgálata fontos, hiszen kitűnő mutatója az őskori ember kapcsolatrendszerének és mozgásterének. Erről az időszakról (itt ezen belül is a neolitikumra vonatkoznak kutatásaink, Kr.e. 5600-4500) igen korlátozottak az információink, ezért az

archeometriai vizsgálatoknak különleges jelentősége van (Kasztovszky et al. 2008).

Különösen fontos kérdés ez az Alföldön élt kultúrák tekintetében, hisz az egykor itt élt emberek a saját szállásterületükön szinte egyáltalán nem juthattak hozzá a kőeszközök nyersanyagához, melyet így az Alföldet koszorúzó hegységekben élt népeiségektől szerezhettek be, akár tömbi, akár feldolgozott formában (Goldman & Szénászkó 2009).



1. ábra: a) lelőhely elhelyezkedése b) leletanyag nyersanyag-típusonkénti megoszlása

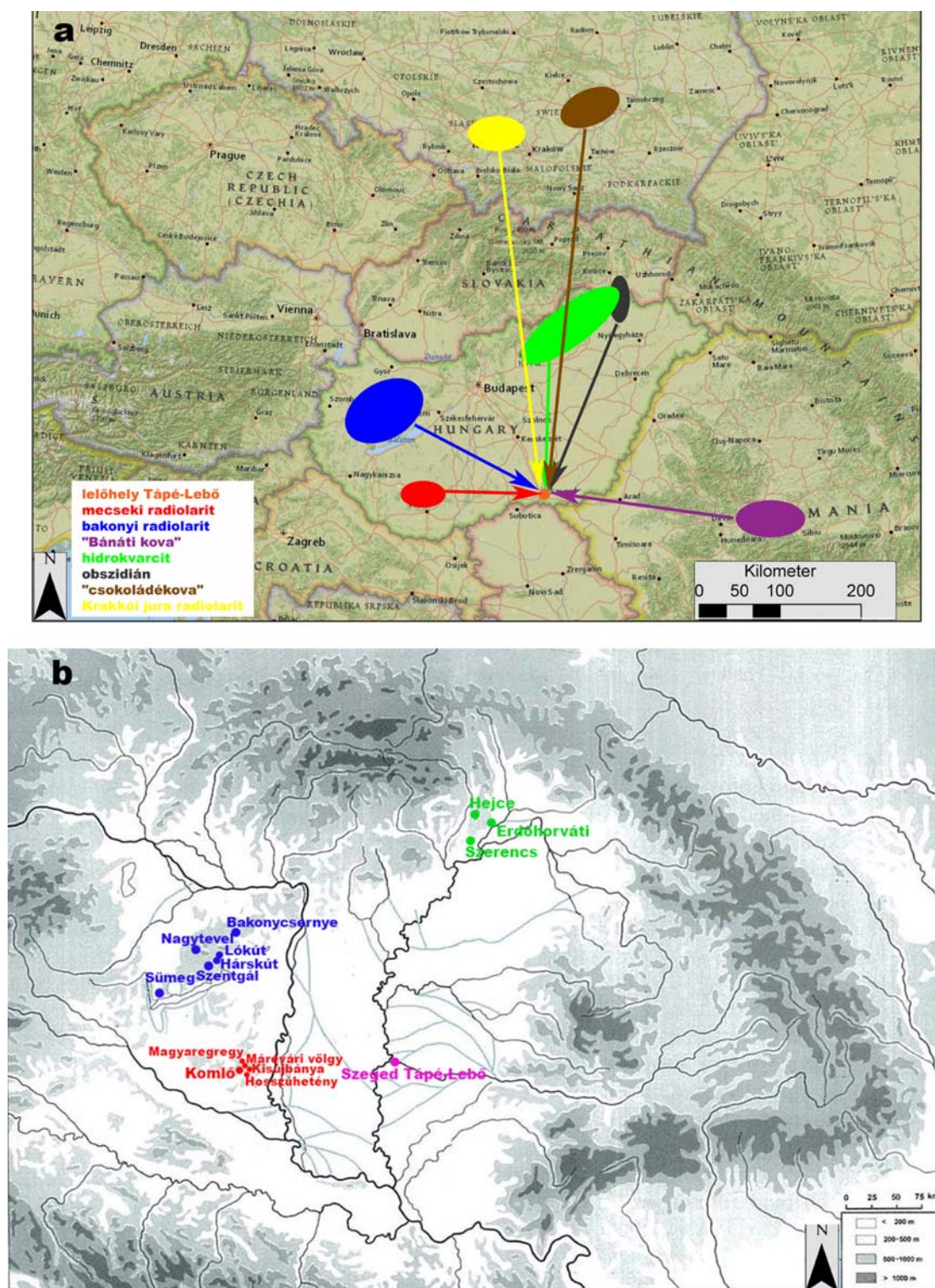
Fig. 1.: a) location of the archaeological site b) raw material dispersion of the artefacts

Így van ez Szeged-Tápé-Lebő esetében is (**1. ábra a**, **2. ábra a**). Erről a lelőhelyről a Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszékének 2010-es és 2011-es terepbejárásából származó leletanyaggal foglalkoztunk. Egy terepbejárásból származó eszköz stratigráfia, kontextus hiányában kevésbé tekinthető értékesnek egy ásatási anyagból előkerült hasonló darabnál, telepről, vagy sírból származó eszköznél. Így roncsolásos vizsgálatokat is választottunk. Illetve az is figyelembe vettük, hogy az eddig magas SiO₂ tartalmú pattintott kőeszközökön roncsolásmentes prompt gamma aktivációs analízissel végzett vizsgálatok nem adtak biztos csoportosítási alapot (T. Biró et al. 2009, Kasztovszky et al. 2008, Kasztovszky et al. 2009, Težak-Gregl & Burić 2009). Mivel azonban mégis régészeti leletekről, múltunk, nemzeti örökségünk

részéről van szó, így megsemmisítésüket a minimumra próbáltuk szorítani (T. Biró 2009).

Ahhoz hogy a régészeti leletek forrásterületét pontosabban meg tudjuk határozni jelentős mennyiségű geológiai mintát gyűjtöttünk be három feltételezett forrásterületről: a Mecsekből, a Bakonyból, és a Tokaji-hegységből (**2. ábra b**).

A vizsgálataink elsődleges célja az volt egyrészt, hogy pontosítsuk a Szeged-Tápé-Lebőn előkerült kovakőeszközök nyersanyagainak lehetséges forrásterületét (**1. ábra b**, **2. ábra a**). Másrészt pedig, hogy a nagy mennyiségű geológiai minta begyűjtésével és vizsgálatával hozzájáruljunk egy a későbbi kutatások során alkalmazható kémiai összetétel adatbázis készítéséhez (T. Biró 2005).



2. ábra: a) leletanyag nyersanyagforrásai; b) geológiai minták forrásai

Fig. 2.: a) sources of the archaeological artefacts's raw material; b) sources of the geological samples

Minták és módszerek

Minták

A bakonyi és a tokaji minták kizárólag a Litotéka (Biró & Dobosi 1991, Biró et al. 2000)

gyűjteményéből származnak, míg a mecseki minták esetében terepről is történt mintagyűjtés. A Bakonyból 24 darab mintánk, míg a Mecsekből a Litotéka csereanyagából 25, terepi gyűjtésből pedig 37 mintánk volt.

1. táblázat, folyt.

Table 1., cont.

Geológiai minták			
Minta jele	Régió	Lelőhely	Gyűjtés
M26	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M27	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M28	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M29	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M30	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M31	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M32	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M33	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M34	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M35	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M36	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M37	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy	MNM
M38	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy út melletti feltárás	MNM
M39	Mecsek	Hosszúhetény, Csengőhegy út melletti feltárás	MNM
M40	Mecsek	Kisújványa, Szószék alja	terep
M41	Mecsek	Kisújványa, Szószék alja	terep
M42	Mecsek	Kisújványa, Szószék alja	terep
M43	Mecsek	Kisújványa, Szószék alja	terep
M44	Mecsek	Kisújványa, Szószék alja	terep
M45	Mecsek	Kisújványa, Szószék alja	terep
M46	Mecsek	Kisújványa, Szószék alja	terep
M47	Mecsek	Kisújványa, Szószék alja	terep
M48	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M49	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M50	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M51	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M52	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M53	Mecsek	Hosszúhetény, Dobogó alja	terep
M54	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M55	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M56	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M57	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M58	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M59	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M60	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M61	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
M62	Mecsek	Komló, Szögehegy	terep
H1	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H2	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H3	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H4	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H5	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H6	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H7	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
H8	Tokaji-hegység	Erdőhorváti	MNM
L1	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L2	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L3	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L4	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L5	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM

1. táblázat, folyt.**Table 1., cont.**

Geológiai minták			
Minta jele	Régió	Lelőhely	Gyűjtés
L6	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L7	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM
L8	Tokaji-hegység	Hejce, Püspöktábla, Losits F. ásatása	MNM

Régészeti minták			
Minta jele	lelőhely	dátum	előzetes meghatározás
06-08	szórvány	2006.	mecseki kova
10-F3/2	Alsóhalom	2010. november 19.	mecseki kova
11-19	Felsőhalom	2011. október 17.	mecseki kova
SZ-11	szórvány	2011. április 15.	mecseki kova
SZ-17	szórvány	2011. április 15.	hidrokvartc

A Tokaji-hegységből két területről származnak mintáink a Litotéka anyagából, Erdőhorvátiból 8 darab hidrokvartcnak meghatározott minta, valamint Hejceről 8 darab limnokvartcnak meghatározott példány (**1. táblázat**). Az összesen 102 db geológiai mintából 32-t, a 99 db régészeti mintából pedig 26-ot használtunk fel a vizsgálat során. Az eddig elvégzett műszeres vizsgálatok roncsolásos eljárások, a hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcenciához például viszonylag nagy mennyiségű, minimum 4 g porított mintára van szükség, így evvel a módszerrel egyelőre csak 5 régészeti leletet vizsgáltunk.

Petrográfia

A kőzetek szöveti elemzését 30 µm vastagságú fedetlen vékonycsiszolatokon végeztük. A vizsgálatokhoz Olympus BX41 polarizációs fénymikroszkópot használtunk.

Fázisanalítika- Röntgen pordiffrakció

A vizsgálathoz szükséges mintákat dörzsmozsárban ~50 µm szemcseátmérőre porítottuk.

A vizsgálatokat RIGAKU Ultima IV Bragg-Brentano elrendezésű röntgen diffraktométerrel végeztük. A műszer sugárforrása CuK α , a csőáram 40 mA, a csőfeszültség 50 kV volt. A mérési tartomány 3–60°2 θ , míg a mérési gyakoriság 0,05° volt.

Elemanalítika- Hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektroszkópia

A vizsgálatokhoz RIGAKU Supermini hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektrométert használtunk, melynek a kimutatási határa

elemenként 10 ppm. A műszer röntgensugár forrása palládium (Pd), a gerjesztő feszültség 50 kV, az anódáram 4 mA volt. Fő- és nyomelemek kvalitatív meghatározása EZ scan módszerrel, kvantitatív meghatározása pedig SQX félmennyiségi kalkulációval történt. Az alábbi elemeket mértük: Főelemek: Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, P₂O₅, SO₃, Cl, K₂O, CaO, TiO₂, MnO, Fe₂O₃; Nyomelemek: Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Ba, As, Sb, Ag, U.

Diszkriminancia analízis

A WDXRF mérések eredményeit statisztikai vizsgálatnak vetettük alá. A statisztikai módszerek közül egy olyan csoportosító módszert kerestünk, ami kis mintamennyiségnél is alkalmazható, ezek alapján a diszkriminancia analízisre esett a választásunk. Az eljárás során előre definiálnunk kell csoportokat, a módszer pedig a bemenő paraméterek (változók) alapján teszteli a csoportba sorolhatóság mértékét. Ezután már csoportba nem sorolt (unclassified) minták besorolását is el tudja végezni az általunk definiált csoportokba. Előzetesen három csoportot definiáltunk, a bakonyi és a mecseki radiaritok, valamint a hidro-, limnokvartcitok csoportját. A vizsgálathoz főelemek közül Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, K₂O, CaO, Fe₂O₃, míg nyomelemek közül Cr, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, As voltak a felhasznált változók. Három csoport esetében az eljárás során két függvényt (diszkriminancia függvények) kapunk, ami alapján az eljárás a legjobban szét tudja választani a csoportokat. Ennek együtthatói azok a kémiai elemek, melyek alapján legjobban el lehet különíteni a mintákat. Az analízist SPSS Statistics 17.0 Release 17.0.0 (aug. 23, 2008) szoftverrel végeztük. (<http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>)

Eredmények

Petrográfia

A régészeti minták döntő többségét radiolaritok alkotják, bennük a kovás átítatódás és átkristályosodottság mértéke lényeges eltéréseket mutat **(3. ábra a-d)**, de a radiolária vázak átmetszetei minden minta esetében világosan felismerhetők **(3. ábra a-d)**. A hidro- illetve limnokvarcitnak meghatározott leletek szövete a mikroszemcsés, nem saját alakú kalcedon kristályokból álló szövet a jellemző, mely egyes minták esetében lamináris elrendeződést mutat **(3. ábra e-f)**. Egyes esetekben növényi száraz kovásodott vázelemei is felismerhetők, melynek üregeit radiális kalcedon halmazok töltik ki **(3. ábra e)**. Az SZ-17-es, szintén régészeti mintában a kalcedon mellett amorf szilícium-dioxid fázis (opál) is nagy mennyiségben megjelenik **(3. ábra e)**.

A bakonyi lelőhelyekről származó geológiai minták esetében a Lókút Hosszúárokban származó, valamint a Nagytevel, Tevel-hegyről származó minták kivételével megerősítést nyert azok radiolaritos kőzetanyaga **(4. ábra a, d)**. A lókúti minta szövetében az erősen kovásodott alapanyagban jó megtartású kovaszivacs vázelemek figyelhetők meg, melyek alapján a kőzetminta spongiolitként határozható meg **(4. ábra d)**. Az általunk vizsgált lókúti minta tehát nem a lókúti radiolaritot mintázza meg, hanem minden bizonnyal Lókút Hosszúárok valamilyen más formációjából származik. A Tevel-hegyről származó minta esetében radiolária vázelemeknek nyomai nem azonosíthatók, ellenben a zömében kova alapanyagú kőzetben mészvázaz élőlények héjtróredékeinek átmetszetei figyelhetők meg, így az tűzkőként határozható meg. A többi minta szövetében a radiolária vázak átmetszetei világosan felismerhetők, bár az átkristályosodás mértékétől függően eltérő megtartásúak. A kovás alapanyag mindenhol uralkodó, csak a hárskúti, illetve a tevel-hegyi mintákban jelenik meg nagyobb mennyiségű karbonát. A mecseki geológiai minták esetében is a radiolarit az uralkodó, de a bakonyi mintákkal ellentétben itt nagyobb arányú a karbonát mennyisége az alapanyagban **(4. ábra b, e)**.

A hidro- és limnokvarcitok esetében a petrográfia, elsősorban azok radiolaritoktól való elkülönítésében játszott szerepet.

Míg a limnokvarcitoknak meghatározott mintákban elsősorban kriptokristályos kvarc (kalcedon) volt a domináns (Hejcéről származó geológiai minták) - ez összhangban van Szekszárdi et al. (2010) eredményeivel -, addig a hidrokvarcitoknak meghatározott mintákban, a kalcedon mellett jelentős az amorf szilícium-dioxid fázis (opál) mennyisége is. Ilyenek az Erdőhorvátiból származó geológiai minták **(4. ábra c, f)**.

Fázisanalítika

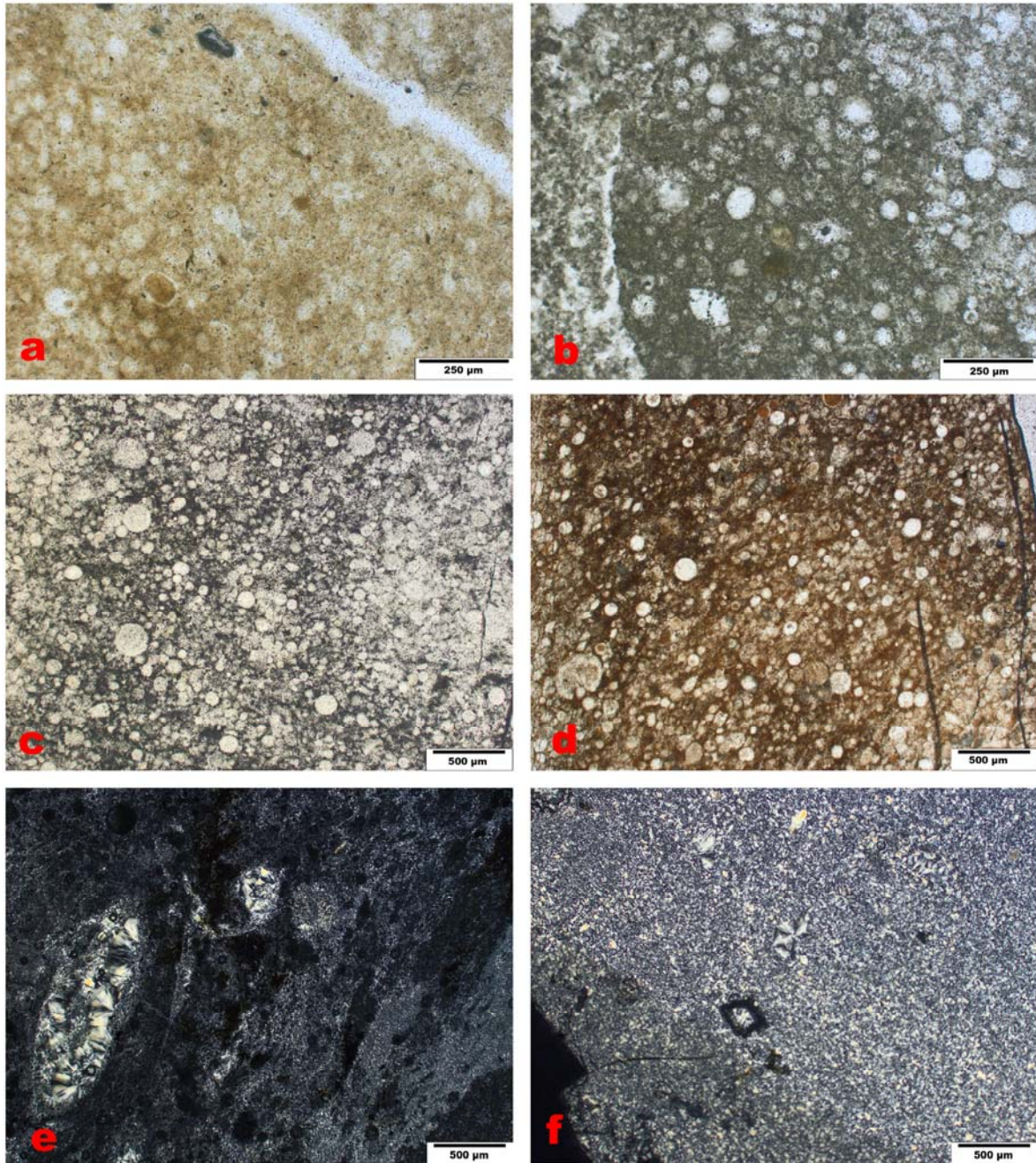
A mérések kimutatták, hogy a bakonyi radiolaritokban az α -kvarc a domináns alkotó, míg a mecsekiekben a kvarc mellett több helyen karbonátok (elsősorban kalcit) is megjelennek. Hidrokvarcitokban uralkodó a krisztobalit, mellette a kvarc kisebb mennyiségben jelenik csak meg, emellett ezekben a mintákban jelentős az amorf anyag mennyisége is. A limnokvarcitokban az α -kvarc mellett alárendelten kevés moganit jelenléte mutatható ki **(5. ábra)**.

Elemanalítika

A fő- és nyomelem analízis eredményeit a **2. táblázat** tartalmazza.

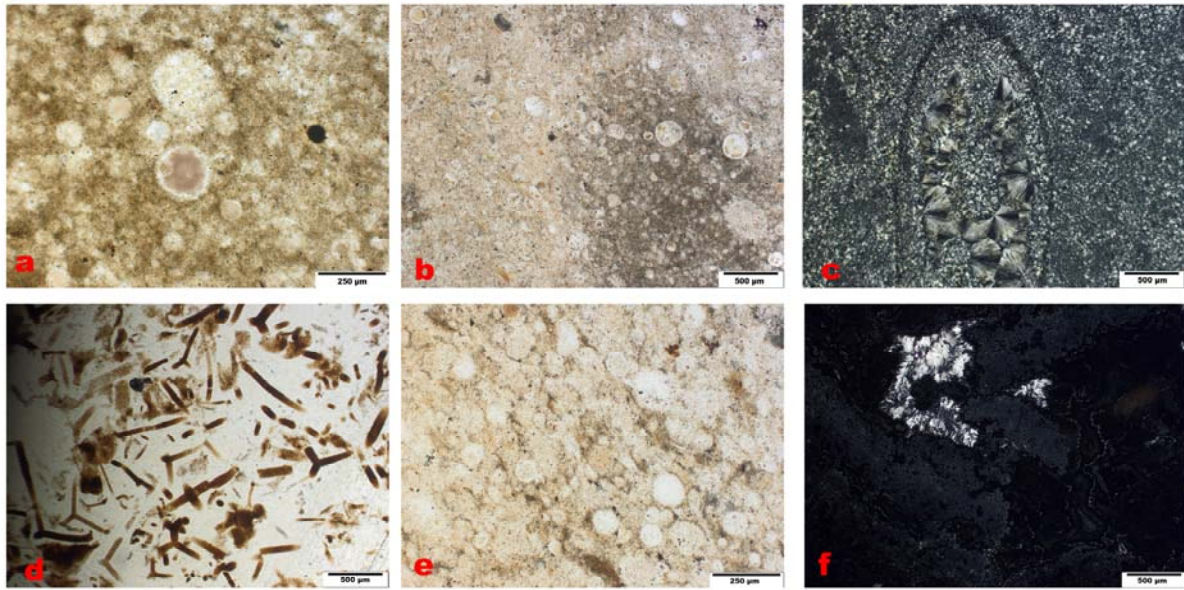
Főelemek tekintetében a bakonyi és mecseki geológiai minták között CaO vonatkozásában mutatkozik a legnagyobb eltérés. A bakonyi minták kis CaO tartalmával szemben a mecseki minták közül több jelentős CaO tartalmat mutat. A vizsgált, mecseki eredetűnek tartott régészeti radiolarit minták a mecseki geológiai mintákhoz hasonlóan nagy CaO tartalmat mutatnak **(6. ábra)**.

A hidro- és limnokvarcitok esetében a hejcei minták (limnokvarcit) kisebb CaO, Fe_2O_3 és K_2O tartalmat mutatnak, mint az erdőhorváti hidrokvarcit minták. Nyomelem összetétel tekintetében a hidro- és limnokvarcitok hasonló értékekkel jellemezhetőek, mely alól csak az egyik erdőhorváti minta jelent kivételt elsősorban Cu, Zn, Rb, és Sr vonatkozásában **(6. ábra)**.



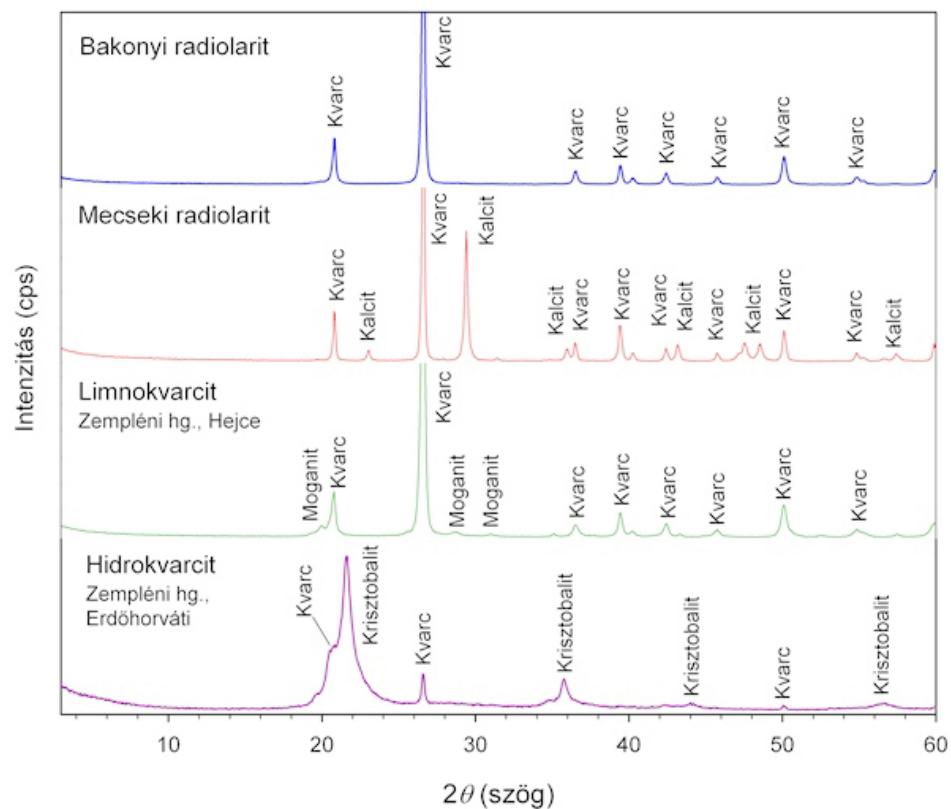
3. ábra: Régészeti minták vékonycsiszolati fotói: a) 10-A8/2-es minta, bakonyi radiolarit b) SZ-14-es minta, bakonyi radiolarit c) SZ-10-es minta, mecseki kova d) 10-D1-es minta, mecseki kova e) SZ-17-es minta, hidrokvarcit f) SZ-22-es minta, hidrokvarcit

Fig.3.: Thin-section photos of archaeological samples: a) 10-A8/2 sample, Bakony radiolarite b) SZ-14 sample, Bakony radiolarite c) SZ-10 sample, Mecsek flint d) 10-D1 sample, Mecsek flint e) SZ-17 sample, hydroquartzite f) SZ-22 sample, hydroquartzite



4. ábra: Geológiai minták vékonycsiszolati fotói: a) B12-es minta Hárskút Édesvízmajorból, bakonyi radiolarit b) M18-as minta Mátészalkai völgy Cigány-horhosból, mecseki radiolarit c) L3-as minta Hejce Püspöktábláról, limnokvarcit d) B1-es minta Lókút Hosszúárok, spongiolit e) M4-es minta Magyaregregy Mátészalkai völgyből, mecseki radiolarit f) H5-ös minta Erdőhorvátból, hidrokvartcit

Fig. 4.: Thin-section photos of geological samples: a) B12 sample from Hárskút Édesvízmajor, Bakony radiolarite b) M18 sample from Mátészalka valley Cigány-horhos, Mecsek radiolarite c) L3 sample from Hejce Püspöktábla, limnokvarcite, d) B1 sample from Lókút Hosszúárok, spongiolite e) M4 sample from Magyaregregy Mátészalka valley, Mecsek radiolarite f) H5 sample from Erdőhorvát, hydrokvartcite



5. ábra: Geológiai minták röntgen pordiffrakciós felvételei

Fig.5.: X-ray powder diffraction patterns of geological samples

2. táblázat: A mért minták kémiai adatai (főelemek)**Table 2.: Chemical data of the measured samples (main elements)**

Mintajel	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI
B1	0,89	0,09	1,72	92,19	-	0,06	0,69	0,39	-	-	0,59	3,18
B2	0,09	0,04	0,38	96,71	-	-	0,16	0,43	-	-	0,51	1,62
B6	0,1	0,02	0,58	96,29	0,04	0,03	0,24	0,32	-	-	0,6	1,68
B7	0,19	0,16	2,2	94,89	0,04	0,02	0,21	0,2	-	0,03	0,28	1,76
B8	0,09	0,04	2,11	95,23	0,04	-	0,17	0,12	-	0,03	0,31	1,84
B11	0,17	0,19	1,32	78,69	0,11	0,7	0,29	13,34	-	0,03	0,58	5,17
B12	0,12	0,05	0,78	95,72	0,06	0,03	0,25	0,34	0,05	0,09	0,44	2,02
B12/2	0,07	0,1	1,18	77,8	0,04	-	0,16	12,07	-	-	0,26	8,3
B13	0,11	0,02	1,64	95,48	-	0,03	0,25	0,17	-	0,05	0,53	1,64
B16	0,11	0,09	1,92	86,64	0,09	-	0,16	5,93	-	-	0,25	4,78
B18	0,08	0,07	0,55	91,41	0,09	0,04	0,18	3,42	-	-	0,52	3,49
B21	0,11	0,09	0,66	95,53	0,06	0,05	0,21	0,49	-	-	0,71	1,97
B23	0,12	0,06	0,41	97,28	0,05	0,05	0,16	0,19	-	-	0,53	1,02
H3	0,09	0,09	5,99	87,9	0,04	0,07	0,45	0,43	0,11	-	1,42	2,86
H4	0,24	-	1,12	93,08	-	0,02	0,2	0,79	-	-	0,5	4,05
H5	0,15	0,88	2,74	83,86	0,04	-	0,79	0,71	-	0,02	3,89	6,79
L1	-	0,04	0,2	97,08	-	0,11	0,13	0,15	-	-	0,57	1,57
L2	0,07	0,03	4,85	92,48	0,03	0,02	0,1	0,16	-	-	0,32	1,87
L3	0,1	0,04	0,38	97,04	0,03	0,04	0,14	0,26	-	-	0,13	1,81
M3	0,22	0,41	3,29	86,95	0,06	-	0,68	3,93	0,13	0,03	1,12	3,13
M4	-	0,06	0,76	93,75	-	-	0,25	2,44	-	-	0,42	2,3
M6	0,14	0,34	1,65	63,25	0,07	0,03	0,78	20,55	0,13	0,09	1,24	11,68
M13	0,17	0,19	2,03	84,76	0,11	0,03	0,36	6,23	0,14	0,03	0,83	5,04
M14	0,12	0,17	2,07	91,73	0,12	-	0,38	1,39	0,17	0,07	1,26	2,4
M19	-	0,26	1,32	41,63	0,07	0,03	0,44	35,13	-	0,32	3,4	17,31
M22	0,1	-	0,45	67,9	0,06	0,03	0,13	21,56	-	0,08	0,6	8,92
M26	-	0,34	1,16	58,61	0,09	0,04	0,24	27,16	-	-	1,43	10,68
M27	0,14	0,1	2,94	90,17	0,05	0,02	0,27	2,59	0,08	-	0,63	3
M42	0,1	0,09	1,31	91,35	0,05	0,11	0,28	3,24	0,11	0,06	0,56	2,63
M46	0,12	0,17	1,88	78,57	0,11	0,02	0,31	10,53	0,08	0,1	0,62	7,42
M47	-	0,1	0,58	86,42	0,08	0,03	0,18	7,67	-	-	0,58	4,33
M54	0,14	0,04	0,92	96,57	0,06	-	0,21	0,17	-	-	0,17	1,71
M55	0,65	0,07	1,85	92,59	0,05	-	0,98	0,26	-	-	0,44	2,98
Régészeti minták												
06-08	0,30	0,12	1,49	90,33	0,38	0,07	0,36	4,65	-	0,19	0,91	1,08
10-F3/2	0,21	0,05	0,98	95,82	0,11	-	0,23	1,62	-	-	0,34	0,66
11-I9	-	0,07	1,18	94,84	-	0,05	0,32	2,45	-	0,05	0,96	0,00
SZ-11	-	0,06	1,09	93,90	0,09	-	0,31	3,04	-	0,03	0,60	0,76
SZ-17	-	-	0,12	98,84	-	-	0,07	0,16	-	0,02	0,26	0,51

2. táblázat: A mért minták kémiai adatai, (nyomelemek)**Table 2.: Chemical data of measured samples (trace elements)**

Mintajel	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Ba	As	Sb	Ag	U
B1	542	-	-	41	70	67	137	35	132	-	32	-	-	-
B2	483	-	-	22	68	62	138	34	128	-	30	-	-	-
B6	634	-	-	26	69	63	137	34	128	-	28	-	-	-
B7	405	-	-	22	69	64	138	35	131	-	29	-	-	-
B8	406	-	-	30	70	67	137	35	135	-	29	-	-	-
B11	405	-	-	16	67	51	139	29	108	-	17	-	-	-
B12	427	-	-	34	69	64	143	35	128	-	23	-	-	-
B12/2	417	-	7	10	58	38	142	24	89	-	11	-	-	-
B13	538	-	-	49	71	68	137	36	135	-	29	-	-	-
B16	405	-	-	27	63	53	153	31	117	-	16	-	-	-
B18	678	-	-	33	65	56	151	33	121	-	23	-	-	-
B21	780	-	-	34	70	66	143	36	131	-	28	-	-	-
B23	804	-	-	21	69	62	139	34	127	-	27	-	-	-
H3	-	-	-	17	70	66	158	39	178	3576	85	-	-	-
H4	407	-	-	26	69	78	133	35	131	-	26	-	-	-
H5	378	7	13	121	107	146	61	34	137	-	23	-	-	-
L1	875	-	-	25	69	65	141	36	133	-	41	-	-	-
L2	639	-	-	24	69	65	136	35	142	-	38	-	-	-
L3	407	-	-	24	70	65	137	34	128	-	44	-	-	-
M3	511	-	3	26	68	72	161	33	144	-	22	-	-	-
M4	426	-	-	28	65	63	155	34	125	-	25	-	-	-
M6	492	-	9	-	58	39	139	20	82	-	-	-	-	-
M13	534	-	-	42	67	58	153	32	127	-	13	-	-	-
M14	618	-	-	31	76	67	144	34	132	-	27	-	-	-
M19	463	-	20	-	54	16	115	13	46	-	-	-	-	-
M22	649	-	-	1	55	32	137	21	76	-	2	-	-	-
M26	541	-	-	7	61	30	147	23	79	-	3	-	-	-
M27	392	-	-	21	68	65	154	34	134	-	23	-	-	-
M42	378	-	-	38	74	74	165	38	156	-	36	-	-	-
M46	414	-	-	9	66	46	154	27	107	-	10	-	-	-
M47	467	-	-	15	63	53	143	31	116	-	19	-	-	-
M54	378	-	-	27	65	65	178	38	139	-	28	-	-	-
M55	513	-	-	39	69	73	161	37	140	-	31	-	-	-
Régészeti minták														
06-08	567	-	-	42	67	64	210	34	125	-	20	-	-	-
10-F3/2	450	-	-	40	68	65	176	36	135	-	26	-	-	-
11-19	638	-	-	50	69	66	184	35	130	-	25	-	-	-
SZ-11	625	-	-	79	69	67	177	35	136	-	25	-	-	-
SZ-17	472	-	-	23	67	60	142	35	128	-	44	-	-	-

Diszkriminancia analízis

A fő- és nyomelemdatok, mint független változók alapján végzett diszkriminancia analízis során három csoportot definiáltunk: bakonyi és mecseki radiolaritokat, valamint az összevont hidro- és limnokvarcitok csoportját. A hidro- és limnokvarcitok egy csoportként kezelését a kevés minta indokolta. A vizsgálat eredményeként két diszkriminancia függvényt (1. és 2.) kaptunk:

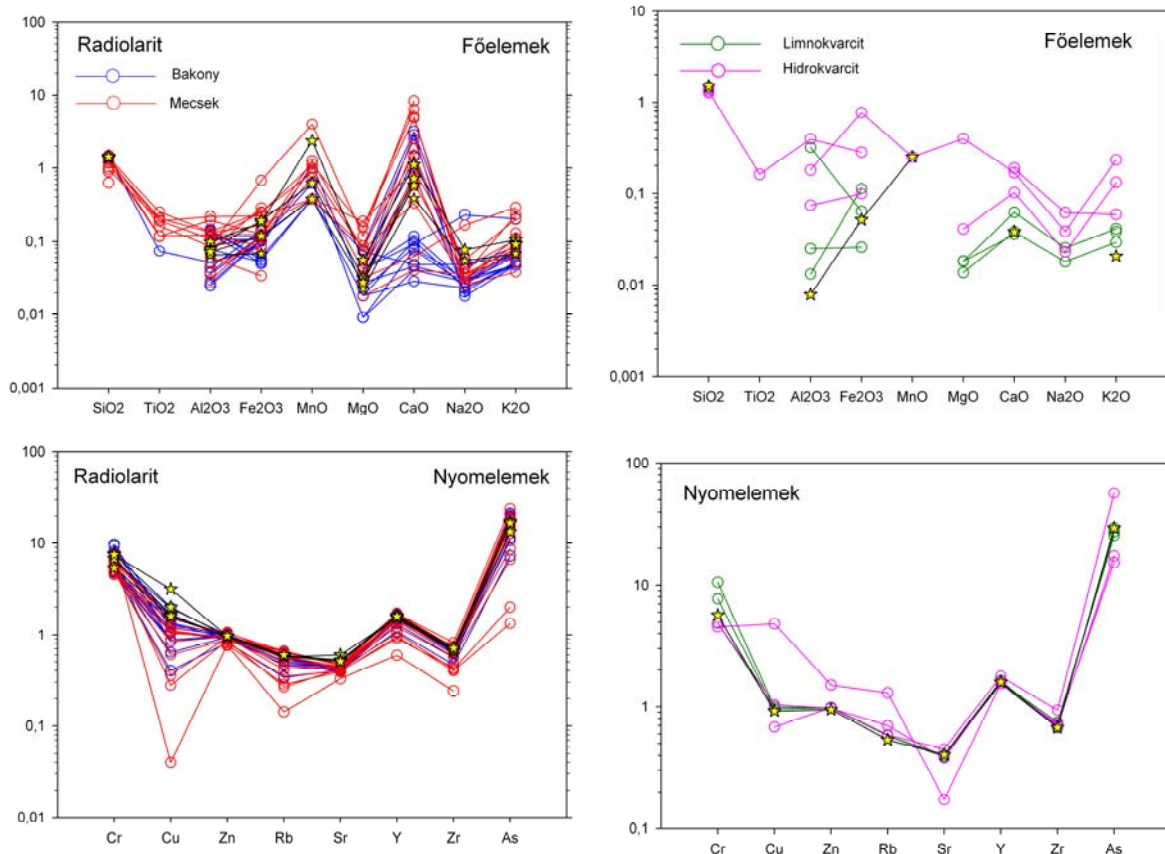
$$D1=1,403(\text{Fe}_2\text{O}_3)+0,107(\text{Sr})-0,092(\text{As})-14,282$$

(1)

$$D2=1,633(\text{Fe}_2\text{O}_3)+0,038(\text{Sr})+0,033(\text{As})-7,514$$

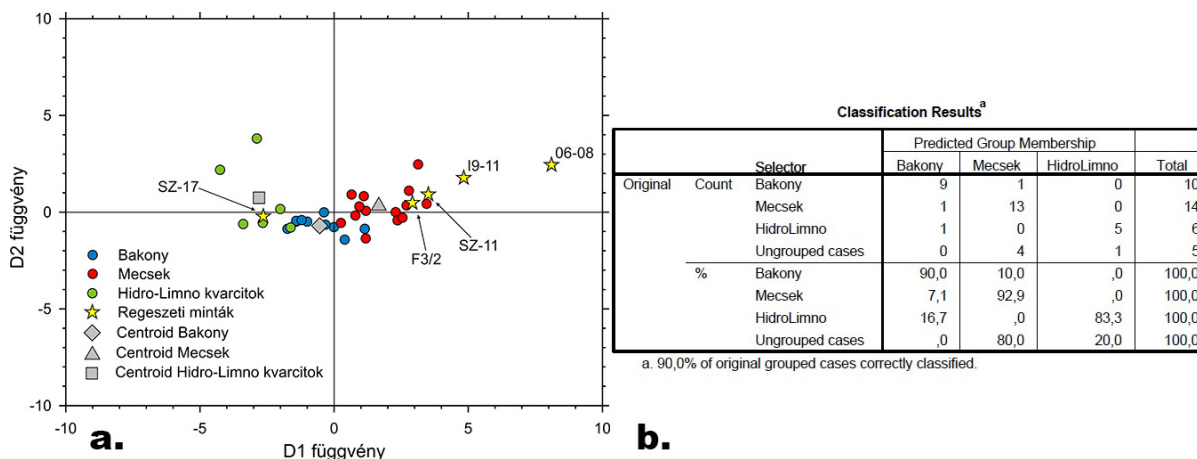
(2)

A két függvény közül a D1 függvény alapján lehet a legnagyobb hatékonysággal elkülöníteni az egyes csoportokat (**7. ábra**).



6. ábra: Geológiai és régészeti minták WDXRF-fel mért mért felső kontinentális kéregre (Upper Continental Crust - UCC) normált elemeloszlásai

Fig.6.: Geological and archaeological samples' Upper Continental Crust - UCC normalized elements distributions are measured with WDXRF



7. ábra: a) diszkriminancia analízis függvényábrázolása b) diszkriminancia analízis eredménytáblája

Fig.7.: a) function representation of multiple discriminant analyses b) classification results of multiple discriminant analyses

Egy adott ismeretlen minta abba a csoportba tartozik, amely csoport centroid értéke és az adott minta értéke közötti ún. Mahalanobis-féle távolság négyzete a legkisebb. A függvények legnagyobb súlyú változói főelemek tekintetében a vas, nyomelemeknél pedig a stroncium és az arzén, ami

azt jelenti, hogy ezen elemek alapján lehet a csoportokat a legjobban elkülöníteni.

A három csoportot 90%-os hatékonysággal különbözteti meg az eljárás, ami azt jelenti, hogy ismeretlen, de valamely előre definiált csoporthoz tartozó mintát 90 %-os valószínűséggel képes

besorolni abba a csoportba, ahová a minta valójában tartozik.

Az így kapott adathalmazba illesztettük 5 régészeti minta mérési eredményeit, melyeket a rendszer besorolt a már létező csoportokba. Ezek alapján 4 mintát mecseki radiolaritnak, míg egyet hidro-, limnokvarcitnak határozott meg az eljárás (7. ábra). Ezek az eredmények egybevágóak az előzetes régészeti feltevésekkel. A diszkriminancia analízis eredménytáblájából kiolvasható, hogy a bakonyi mintákat 90,0 %-os, a mecsekieket 92,9 %-os, a hidro-, limnokvarcitokat 83,3 %-os biztonsággal tudta csoportba sorolni. A kategorizálatlan esetek a régészeti mintákat jelölik a táblázatban (7. ábra b).

Összefoglalás

A petrográfiai és fázisanalitikai vizsgálataink eredményeképpen a vizsgált régészeti minták radiolaritnak lettek meghatározva, míg a mecseki és bakonyi geológiai minták a Tevel-hegyi tűzkő és a Lókút Hosszúárok-ból származó spongiolit minták kivételével szintén radiolaritnak adódtak. Az Erdőhorvátiból származó minták esetében az állapítható meg, hogy bennük lényegesen több volt az amorf fázis relatív mennyisége, mint a Hejcé-ről származó mintákban. A kémiai összetétel alapján megállapítható, hogy a mecseki minták magasabb CaO tartalommal bírnak. Erre az eredményre jutottak vizsgálataik során T. Biró et al. (2009) is. Az adatokat statisztikai elemzésnek vetettük alá, az alkalmazott többváltozós diszkriminancia analízis alapján 90 %-os valószínűséggel sikerült elkülönítenünk a bakonyi és mecseki radiolaritokat, valamint a hidro- limnokvarcitokat.

A kis mért mintaszám alapján azonban nem lehet általánosítani a megfigyeléseket, pontosabb következtetések levonásához több mérési adat szükséges.

Öt darab kova anyagú régészeti mintának is meghatároztuk a kémiai összetételét, mely alapján ezeket az alkalmazott statisztikai eljárás be tudta sorolni a korábban definiált csoportokba, amely ebben az esetben megerősíti az előzetes meghatározást.

Egyes mintáknak az elkülönítési hatékonysága tovább növelhető olyan mérési módszerek bevonásával, melyek a ritkaföldfémek mennyiségét is képesek meghatározni (Peh & Halamić 2010).

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk megköszönni Sánta Gábornak, hogy a leletanyagot rendelkezésünkre bocsátotta. Köszönettel tarozunk T. Biró Katalinnak, hogy a Litotéka csereanyagát felhasználhattuk a vizsgálatokhoz, valamint Kulcsár Valériának és

Marton Tibornak a régészeti feldolgozásban nyújtott segítségükért, Tóth Máriának a munkánk során nyújtott segítségért.

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Bibliográfia

GOLDMAN György & SZÉNÁSZKY Júlia (2009): Adatok a szakálhádi kultúra kereskedelmi kapcsolataihoz. In: *ΜΟΜΟΣ VI*. Őskoros kutatók VI. Összejövedele. Kőszeg, 2009. március 19–21. Nyersanyagok és kereskedelem. Szombathely, 79–86.

KASZTOVSZKY Zsolt, T. BIRÓ Katalin, MARKÓ András & DOBOSI Viola (2008): Cold neutron prompt gamma activation analysis- a non-destructive method for characterization of high silica content chipped stone tools and raw materials. *Archaeometry* **50/1** 12–29.

KASZTOVSZKY Zsolt, T. BIRÓ Katalin, MARKÓ András & DOBOSI Viola (2009): Pattintott kőeszközök nyersanyagainak roncsolásmentes vizsgálata prompt-gamma aktivációs analízissel. *Archeometriai Műhely* **6/1** 31–38.

PEH, Zoran & HALAMIĆ, Josip (2010): Discriminant function model as a tool for classification of stratigraphically undefined radiolarian cherts in ophiolite zones. *Journal of Geochemical Exploration* **107** 30–38.

SZEKSZÁRDI Adrienn, SZAKMÁNY György & T. BIRÓ Katalin (2010): Tokaj hegységi limnokvarcit-limnoplait nyersanyagok és pattintott kőeszközök archeometriai vizsgálata I.: Földtani viszonyok, archeopetrográfia. *Archeometriai Műhely* **7/1** 1–17.

T. BIRÓ Katalin (2005): Gyűjtemény és adatbázis: eszközök a pattintott kőeszköz nyersanyag azonosítás szolgálatában. *Archeometriai Műhely* **2/4** 46–51.

T. BIRÓ Katalin (2009): Geokémiai vizsgálati lehetőségek őskori kőeszközökön. *Archeometriai Műhely* **6/1** 5–10.

T. BIRÓ Katalin & T. Dobosi Viola (1991): *Lithotheca, Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest.

T. BIRÓ Katalin, T. Dobosi Viola & Schléder Zsolt (2000): *Lithotheca II. Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum 1990-1997*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest.

T. BIRÓ Katalin, SZILÁGYI Veronika & KASZTOVSZKY Zsolt (2009): Új adatok a Kárpát-medence régészeti radiolarit forrásainak megismeréséhez. *Archeometriai Műhely* **6/3** 25–43.

TEŽAK-GREGL, Tihomila & BURIC, Marcel (2009): Archaeometrical research of lithic raw

materials for early neolithic prehistoric communities with the help of prompt gamma activation analysis: The aims of project, current achievements and future perspectives. *Archeometriai Műhely* **6/3** 1–3.

<http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>